

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Sekcja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 09.09.2015
podpis

Prof. dr hab. Józef Andrzejewski
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Uniwersytetu Łódzkiego

Łódź, 25.08.2015

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Marcina Pomorskiego
p.t. „Badanie nuklidów w otoczeniu ^{48}Ni przy pomocy komory dryfowej
z projekcją czasu i z odczytem optycznym”

Badanie właściwości jąder dalekich od ścieżki stabilności beta stanowi jeden z najważniejszych celów fizyki jądra atomowego. W szczególności dotyczy to tak egzotycznego rozpadu jakim jest rozpad z emisją protonu(ów) jąder znajdujących się na mapie nuklidów na granicy odpadania protonu (proton drip line).

Celem pracy doktorskiej mgr. Marcina Pomorskiego było wytworzenie i zbadanie najbardziej protono-nadmiarowego izotopu niklu ^{48}Ni , jaki udało się laboratoryjnie otrzymać. Szczególna waga tego nuklidu wynika z faktu, że jest to jądro podwójnie magiczne. Dotychczasowa wiedza na temat jego właściwości była niewielka, gdyż oparta na wytworzonych dotychczas zaledwie kilku takich jądrach. Szczególnie interesujące było rozstrzygnięcie, czy ^{48}Ni rozpada się z emisją dwóch protonów. Niewiele w świecie jest laboratoriów mogących wyprodukować i wyselekcjonować z dużą efektywnością niezwykle egzotyczne jądra. Na podkreślenie zasługuje fakt, że przekrój czynny na wytworzenie badanego nuklidu wynosił zaledwie 57 pb. Zadanie produkcji tak egzotycznego jądra zostało z powodzeniem wypełnione w laboratorium National Superconducting Cyclotron Laboratory, zarządzanym przez Michigan State University (USA). Niezwykle mały przekrój czynny na wytworzenie ^{48}Ni przełożył się na jego produkcję z intensywnością zaledwie 0,5 jądra/dzień. Dzięki wieloletniej współpracy grupy z Uniwersytetu Warszawskiego kierowanej przez prof. Marka Pfutznera z tym laboratorium, wykonano badania, których wyniki stanowią podstawę recenzowanej pracy.

Badania rozpadu wyselekcjonowanych egzotycznych jąder przeprowadzono za pomocą zaprojektowanego i zbudowanego w UW detektora OTPC (Optical Time Projection Chamber), będącego połączeniem komory jonizacyjnej, układu liczników proporcjonalnych na bazie folii GEM (Gas Electron Multiplier), bardzo czułej kamery CCD i szybkiego fotopowielacza. Detektor zapewnił fotografowanie śladów emitowanych w rozpadzie protonów w płaszczyźnie X-Y, określenie ich energii oraz ustalenie czasowej sekwencji zdarzeń. Okazał się więc znakomicie przystosowany do postawionego zadania.

Praca doktorska M. Pomorskiego składa się ze wstępu, siedmiu rozdziałów, podsumowania oraz dwóch dodatków. Uzyskane wyniki badań zostały opublikowane w czterech artykułach o zasięgu międzynarodowym, stanowiących podstawę rozprawy, w tym w dwóch w prestiżowym *Physical Review C*. Na podkreślenie zasługuje fakt, że mgr M. Pomorski jest pierwszym autorem tych publikacji.

Wstęp rozprawy stanowi bardzo ciekawe i przejrzyste wprowadzenie do zagadnień opóźnionej emisji protonu, emisji jednego lub dwóch protonów, pokazane na tle dotychczasowych badań w tym zakresie. Rozdział drugi to zwięzłe przedstawienie celu pracy, narzędzia badawczego w postaci specjalnie do tego zadania zbudowanego detektora oraz zawartości pozostałych rozdziałów i wyszczególnienie publikacji stanowiących podstawę rozprawy. W rozdziale tym podkreślono wkład M. Pomorskiego w opracowanie nowego algorytmu rekonstrukcji torów cząstek naładowanych rejestrowanych w OTPC, stanowiące istotny element jego twórczej pracy. Rozdział 3. zawiera bardzo interesujący przegląd technik eksperymentalnych i dotychczasowych wyników badań jąder na granicy oderwania protonu, świadczący o rzetelnym zgłębieniu wiedzy przez autora rozprawy. Rozdział ten ma ważny walor edukacyjny. W kolejnym rozdziale omówiona jest budowa i zasada działania detektora OTPC, w tym rola elektrody bramkującej sygnał pochodzący z rozpadu, układ folii GEM, rejestracja sygnału świetlnego, sposób sterowania i wyzwalania układu detekcyjnego. Rozdział ten wyczerpująco wyjaśnia zasadę działania tego nowatorskiego układu pomiarowego, jego możliwości i ograniczenia. Kolejne dwa rozdziały zawierają szczegóły dotyczące produkcji jonów w ośrodku NSCL, konfigurację układu eksperymentalnego, logikę i układ zbierania danych oraz ich analizę prowadzącą do identyfikacji jonów docierających do detektora. Rozdział 7. przedstawia algorytm rekonstrukcji śladów cząstek rejestrowanych w detektorze OTPC, stworzony dla potrzeb przeprowadzonego eksperymentu, co jest szczególnie ważnym osiągnięciem autora rozprawy. Rekonstrukcja rejestrowanych cząstek wymagała porównania mierzonych sygnałów z symulowaną odpowiedzią detektora w celu

optymalizowania parametrów tych sygnałów. Autor przedstawia także sposób oszacowania niepewności wyznaczonych parametrów. Na końcu tego rozdziału przedstawiono dwa sposoby pomiaru prędkości dryfu elektronów w aktywnej objętości OTPC służące do określenia tej wielkości jako niezbędnej dla prawidłowej rekonstrukcji śladu cząstek. Jej wartość określono na $6 \text{ mm}/\mu\text{s}$, co jest wartością bardzo małą w porównaniu z prędkością dryfu elektronów zwykle osiąganą w komorach jonizacyjnych. Nie znalazłem informacji, czy był to zamierzony wybór, czy wartość ta wynikała z innej konieczności. Analizując kształt impulsu z fotopowielacza PMT (Rys. 4.3) można zauważyć, że czas narastania impulsu jest równy około $0,5 \mu\text{s}$, co przy odległości między ostatnią folią GEM a anodą wynoszącej 3 mm , daje w przybliżeniu prędkość dryfu elektronów także równą $\sim 6 \text{ mm}/\mu\text{s}$ pomimo tego, że natężenie pola E w tym obszarze jest ponad 15 razy większe niż w aktywnej objętości detektora. Wydaje się, że zastosowanie mieszaniny gazu, dla której prędkość dryfu rosnęłaby z E , dałoby dokładniejsze określenie składowej Z śladu cząstki, ze względu na szybsze narastanie impulsu. Prosiłbym o skomentowanie tej uwagi.

W rozdziale 8. oprócz przedstawionej analizy zdarzeń dotyczących rozpadu ^{48}Ni , co było podstawowym celem rozprawy, zamieszczone są także wyniki analizy β -opóźnionego rozpadu z emisją protonu dla jąder ^{44}Cr i ^{46}Fe . Jądra te docierały do układu detekcyjnego podczas rejestracji jonów ^{48}Ni . Analiza wyników dokonana za pomocą specjalnie przygotowanych algorytmów pozwoliła określić ich czas życia, energię protonów oraz współczynniki rozgałęzienia na β -opóźnioną emisję protonu. Te unikatowe dane wnoszą cenny wkład w poznanie przemiany jądrowej na granicy stabilności jąder protono-nadmiarowych.

Relatywnie duża statystyka rejestrowanych protonów w rozpadzie ^{44}Cr pozwoliła na sporządzenie ich widma energetycznego (Rys.8.4). Opisując je autor stwierdził, że szerokość linii jest większa niż rozdzielczość energetyczna detektora, co wskazuje na złożony charakter tych przejść, Szkoda, że to stwierdzenie nie zostało w pracy skomentowane.

Przedstawione w rozprawie doktorskiej badania oraz ich wyniki reprezentują najwyższy poziom naukowy i stanowią istotny wkład w poznanie właściwości nuklidów na protono-nadmiarowej granicy ich istnienia. Na podstawie uzyskanych wyników dla ^{48}Ni - zidentyfikowania po raz pierwszy czterech przypadków podwójnego rozpadu protonowego oraz dwóch β -opóźnionych rozpadów protonowych, określenia dla tego nuklidu $T_{1/2}$ i rozgałęzienia dla kanałów $2p$ i βp na bazie tych nielicznych zdarzeń, mogę stwierdzić, że cel

pracy został osiągnięty. Chciałbym także podkreślić, że osiągnięty został z dużą nadwyżką, gdyż zaprezentowano dodatkowo wyniki dotyczące rozpadów ^{44}Cr i ^{46}Fe . Odnosnie tego drugiego jądra, to analiza pomiaru doprowadziła do identyfikacji, po raz pierwszy dla tego jądra, nowego kanału rozpadu – przemiany β z emisją dwóch protonów. W podsumowaniu autor nakreśla perspektywę dalszych badań, co świadczy o jego szerokim spojrzeniu na zagadnienia, którymi dotychczas zajmował się z tak znakomitym powodzeniem.

Praca doktorska napisana jest bardzo starannie, z dobrym doбором i wysoką jakością rysunków i tabel, z bogatą bibliografią.

Stwierdzam, że przedstawiona mi praca doktorska spełnia wymagania ustawowe i zgłaszam wniosek o dopuszczenie mgr. Marcina Pomorskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

J. Hucowski